

УДК 550.837

На правах рукописи



Еренина Екатерина Владимировна

**СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТАТАРСКОГО СВОДА
ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ**

Специальность: 25.00.10 – Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Республика Татарстан

Казань – 2007

Работа выполнена в Казанском Государственном Университете
им. В.И. Ульянова-Ленина и в ООО «ТНГ-Казаньгеофизика»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
член-корреспондент РАН
Каримов Камиль Мидхатович

Консультант: кандидат геолого-минералогических наук
Червиков Борис Григорьевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Белявский Виктор Владимирович
(ГЕОН, г.Москва)
кандидат геолого-минералогических наук
Ананьев Виктор Валентинович (г.Казань)

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт Физики
Санкт-Петербургского государственного
университета

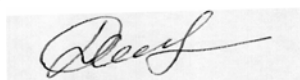
Защита состоится 29 мая в 14 часов на заседании Диссертационного
совета Д 12.081.04 по защите диссертаций на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук при Казанском государственном
университете по адресу: 420008 г. Казань, ул. Кремлевская 4/5,
геологический факультет КГУ

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им.
Н.И.Лобачевского Казанского государственного университета.

Автореферат разослан « » апреля 2007 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.081.04,
кандидат геолого-минералогических наук

Д.И. Хасанов



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящей работе приводятся результаты исследований геоэлектрических характеристик земной коры Татарского свода по данным магнитотеллурических зондирований, полученных научными и производственными геофизическими организациями при непосредственном участии автора диссертации.

Актуальность проблемы. Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ) - это один из методов электроразведки, который позволяет получать сведения об электропроводности Земли до больших глубин и входит в обязательный комплекс геофизических методов при изучении литосферы по геотраверсам. Используя естественное электромагнитное поле Земли, проводят дифференциацию различных геологических объектов. Основными объектами изучения являются слои и локальные зоны высокой электропроводности, которые непосредственно связаны с тектоникой и строением региона. Результаты этих исследований расширяют представления о геологическом строении литосферы, позволяют выявить области развития молодой активизации, установить практическую направленность метода, и в целом способствуют дальнейшему развитию науки о Земле.

Широкое внедрение в практику геологоразведочных работ магнитотеллурического метода открывает новые перспективы исследований строения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. К настоящему времени выполнен значительный объем зондирований в площадном варианте и системой трансрегиональных профилей, опирающихся на сверхглубокие скважины (Новоелховская-20009, Миннибаевская-20000 и др.), которые пересекают большую часть Татарского свода и прилегающих структурно-формационных зон, захватывая уникальное по геологическим параметрам Ромашкинское нефтяное месторождение. Составленные геоэлектрические модели ЗК широко используются при изучении регионального тектонического строения, нефтепоисковых работах, познании геодинамических процессов, что определяет актуальность работы.

В условиях высокой степени изученности рассматриваемой площади все еще сохраняется вероятность открытия мелких месторождений УВ в разрезе палеозоя. В этой связи становится также актуальной задачей повышение эффективности прогнозирования локальных объектов по различным комплексам осадочного чехла, требующее совершенствования технологии поисков, в том числе электромагнитных зондирований.

Цель и задачи исследований. Основная цель работы - исследование геоэлектрических характеристик земной коры в связи с решением проблем глубинной геологии Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Цель достигнута решением следующих задач. Совершенствованием приемов наблюдения и проведением магнитотеллурических зондирований в расширенном частотном интервале электромагнитного поля по системе региональных профилей, пересекающих главные структурно-формационные зоны. Созданием способов выделения геоэлектрической информации на

основе внедрения современных технологий. Развитием на базе численного моделирования методики зондирований в горизонтально-неоднородных средах с целью повышения информативности МТЗ. Составлением геоэлектрических моделей глубинного строения Татарского свода и прилегающих авлакогенов, построением схем латерального распространения слоев повышенной электропроводности и определением связи последних с основными геологическими структурами и их геодинамическим режимом развития. Созданием эффективных способов извлечения информации о строении осадочного чехла на основе комплекса электромагнитных зондирований при нефтепоисковых работах.

Научные результаты и их новизна.

1. На основе построенной схемы интегральной проводимости осадочного чехла проведено численное моделирование низкочастотного магнитотеллурического поля с анализом региональных эффектов искажений, связанных с неоднородностями электропроводности чехла. В результате предложен оптимальный подход к интерпретации МТ зондирований в Татарстане. Выделены районы, наиболее благоприятные для проведения глубинных исследований.

2. Для Южно- и Северо-Татарского сводов, Мелекесской впадины, Казанско-Кажимского авлакогена впервые получены сведения о характере распределения электропроводности в земной коре. Опираясь на современные геотектонические концепции, создана физико-геологическая модель, отражающая делимость литосферы на разных уровнях. Сведения по строению коры открывают большие возможности для изучения палинспастических реконструкций развития мегаструктур.

3. Впервые в регионе обнаружены коровые и корово-мантийные электропроводящие слои субгоризонтального залегания и установлено их распространение по латерали и вертикали. В районе Татарского свода внутрикоровые проводники, имеющие региональное распространение, увязаны с дислокационными зонами, образованными в результате дегидратации пород под влиянием аномальных температур.

4. Разработана методика электромагнитных зондирований, позволяющая оценить характер неоднородности среды и отдельные параметры структур, используя аномалии электропроводности, вызванной поляризуемости и их пространственное соотношение. Принятая физическая модель проявления залежей углеводородов в электромагнитном поле, получившая в дальнейшем подтверждение на практике, является фундаментальной основой для оптимизации процесса нефтепоисковых работ на локальных объектах.

Фактическая основа работы. В основу диссертации положены материалы многолетних электромагнитных исследований Татарстана и сопредельных территорий (объемом более 1500 точек магнитотеллурических зондирований), выполненных при непосредственном участии автора в качестве одного из основных исполнителей по программам фундаментальных исследований МПР РФ, МЭПР РТ и ОАО «Татнефть».

Исследования направлены на изучение строения земной коры и верхней мантии Волго-Уральского региона как системой региональных трансектов, так и нефтепоисковыми работами в различных структурно-формационных зонах. В рамках комплексного изучения земной коры использованы материалы гравиметрии и структурно-скоростные модели, полученные различными авторами.

Практическое значение работы. Применение разработок и рекомендаций автора повышает достоверность решения задач, стоящих перед электромагнитными зондированиями - изучение глубинного распределения электропроводности осадочного чехла, кристаллического фундамента и строения земной коры, что способствует проведению поисково-разведочных работ в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Многочисленные высокоинформативные геоэлектрические модели коры Татарстана обеспечивают более высокий уровень понимания современного состояния геологической среды, позволяют выделить ряд новых для региона тектонотипов структур. Результаты работы автора могут быть использованы при составлении геодинамических и тектонических схем, а также открывают возможность составления физико-геологических моделей нефтеперспективных районов. Отдельные результаты исследований внедрены в производство НПУ «Казаньгеофизика» и вошли составной частью в карту суммарной продольной проводимости осадочного чехла Европейской части России и сопредельных территорий, М.1:2500000 (под редакцией М.Н. Бердичевского).

Защищаемые положения.

1. Эффективность магнитотеллурических зондирований в условиях Татарского свода достигается: **распознаванием региональных искажений поля неоднородностями в электропроводности осадочного чехла; применением робастных методов обработки вариаций электромагнитного поля Земли; интерпретацией амплитудно-фазовых кривых с использованием графов «Осадочный чехол», «Земная кора» и построением моделей в рамках градиентных сред.**

2. В разрезе земной коры Татарстана выделены аномально электропроводящие слои различной природы (надкорový, внутрикорový, корово-мантийный), которые характеризуют определенные типы геологических структур. Латерально-неоднородная модель свода отличается от смежных структурно-формационных зон, что выражается в сильной гетерогенности среды с аномальной проводимостью корового слоя (до 280 См).

3. Предложенная методика оценки нефтеперспективности терригенных коллекторов осадочного чехла основана на извлечении информации об электропроводности, фазово-частотных характеристиках поляризуемости и их пространственного соотношения.

Апробация работы и публикации. Фактическая основа и научные разработки по теме диссертации опубликованы в 12 работах. Автор

непосредственно принимал участие во внедрении МТЗ в Татарстане, проводил сбор, обработку и комплексный анализ геофизического материала, который изложен в девяти рукописных отчетах.

Результаты работы докладывались на Международных конференциях и совещаниях «Мы-геологи XXI века» (Казань, 2003), «5 конгресс нефтегазопромышленников России» (Казань, 2004), «5 и 6 геофизические чтения имени В.В.Федынского» (Москва, 2003, 2004), «32-сессия Международного научного семинара имени Д.Г.Успенского» (Пермь, 2005), «3 научные чтения имени Ю.П.Булашевича» (Екатеринбург, 2005), «Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения» (Казань, 2005), «5 международная научно-практическая геолого-геофизическая конференция – конкурс молодых ученых и специалистов, Геофизика–2005» (Санкт-Петербург, 2005), «6th International Conference on Problems of Geocosmos» (St.Petersburg, Russia, 2006), «Углеродородный потенциал фундамента молодых и древних платформ» (Казань, 2006).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения; общий объем работы 133 страницы текста, включая 30 рисунков и 3 таблицы. Список использованных источников содержит 110 библиографических наименования.

Работа выполнена под руководством доктора геолого-минералогических наук, член-корреспондента РАЕН К.М.Каримова, которому автор выражает благодарность и признательность. Автор считает своим долгом искренне поблагодарить Б.Г.Червикова за консультации при обучении в заочной аспирантуре.

Автор пользовался советами и консультациями широкого круга исследователей В.В.Белявского, С.А.Вагина, С.Г.Валеева, Л.Л.Ваньяна, И.М.Варенцова, И.В.Егорова, В.Ал.Екименко, Н.А.Пальшина, И.С.Фельдмана, А.Г.Яковлева и многих других, за что выражает им глубокую признательность. Искренне благодарен автор своим коллегам по НПУ «Казаньгеофизика» за поддержку и внимание при выполнении работы.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об использовании и апробации результатов работы, структуре диссертации.

В разделе 1 **«Развитие магнитотеллурических методов в исследовании глубинного строения региона»** приведены общие сведения об этапах магнитотеллурических исследований, методике получения геоэлектрической информации при анализе вариаций естественного электромагнитного поля Земли. Проведение полевых работ осуществлялось аппаратурно-программными комплексами АКФ-4, ЭИН-2000 и MTU-5 в режимах single MTS и remote reference MTS. В процессе исследований стояла

задача подобрать такой оптимальный комплекс методов анализа МТ данных, при котором с одной стороны он позволял уверенно строить модели при различных сочетаниях геоэлектрических ситуаций, а с другой – не обладал избыточностью. В связи с этим при обработке материала использовались программы ACF-4 (А.Б.Кочерев), MTSOFT (И.М.Варенцов и др.), SSMT-2000, MTEditor (Phoenix Geophysics) и Correct (ООО «Северо-Запад»). При интерпретации применялись программы IPI (А.А.Бобачев), MEL-1D (М.М.Харламов), in2e и in2h (С.А.Вагин), dir2e и dir2h (И.Л.Варданянц), MTS_Prof (ООО «Северо-Запад») и MTDriver (ЦЭМИ).

На практическом материале показана возможность использования одномерного подхода в анализе амплитудно-фазовых значений сопротивления при изучении структуры осадочного чехла. Для получения достоверных результатов в построении геоэлектрических моделей ЗК рекомендован комплекс MTDriver (И.С.Фельдман).

В разделе 2 ***«Региональные искажения магнитотеллурического поля неоднородностями электропроводности осадочного чехла»*** дано описание схемы интегральной электропроводности осадочного чехла региона, результатов численного моделирования электропроводности в неоднородной трехмерной среде, районирования территории Татарстана по условиям применения зондирований.

В 2003 году составлена карта S осадочного чехла Европейской части территории России М.1:2500000 под редакцией М.Н.Бердичевского по фондовым материалам (А.К.Болдосов, Л.А.Бруссянин, Н.С.Габлин, А.П.Плахов, И.В.Фельд, Е.Г.Честный, А.Л.Шейнкман и др.) и современным данным МТЗ и ЗС, в основном полученным по программе комплексных опорных геофизических профилей (Е.Д.Алексанова, В.П.Бубнов, К.М.Каримов, А.Г.Чарушин, И.С.Фельдман и др.). Составной частью представленной карты является схема интегральной электропроводности осадочного чехла Татарстана и сопредельных территорий в масштабе 1:500000. Карта отражает основные тектонические элементы земной коры, несет важную информацию об удельном электрическом сопротивлении стратиграфических комплексов пород, о проводимости отдельных низкоомных горизонтов, и в целом о литолого-фациальных характеристиках осадочного чехла, что имеет весьма существенное значение при поисках месторождений углеводородов.

Суммарная продольная проводимость осадочной толщи региона характеризуется широким диапазоном изменения S от 150 до 780 См при альтиуде залегания поверхности кристаллического фундамента от -1500 до -2300 м. Области минимальных значений проводимости чехла свойственны сводам с приподнятым залеганием фундамента и сокращенной мощностью терригенных образований. Максимальная проводимость отвечает осевой зоне прогибов с повышенной мощностью терригенных комплексов пород. Общее увеличение продольной проводимости сопровождается несколькими градиентными зонами разной интенсивности, в основном,

субмеридионального простираия. Такое распределение поля в целом соответствует тектоническому районированию Татарстана и совпадает с зоной сочленения трех крупных структурно-тектонических элементов: восточного склона Токмовского свода на западе, Северо-Татарского свода на севере и Южно-Татарского свода на юго-востоке с S от 150 до 300 См. Каждый из них, четко выраженный по поверхности фундамента, отличается в осадочном чехле морфологией и полнотой геологического разреза. Границами сводов являются Казанско-Кажимский авлакоген (до 600 См) и Прикамский глубинный разлом земной коры, к которому приурочены прогибы и впадины. Юго-восточная часть территории ограничена Серноводско-Абдулинским авлакогеном субширотного простираия, который на западе раскрывается в Мелекесскую впадину. В отдельных мульдах величина S чехла возрастает до 780 См.

Для обоснованной интерпретации полевых наблюдений и выбора наиболее благоприятных условий расположения пунктов зондирования при исследованиях литосферы Татарстана магнитотеллурическими методами проведена оценка региональных искажений МТ поля неоднородностями в интегральной электропроводности осадочного чехла. Квазитрехмерное (плечное) моделирование проводилось по алгоритму П.Вайдельта, программным комплексом, написанным Н.А.Пальшиным. Расчеты выполнены для модели со средним электросопротивлением осадочной толщи в 30 Ом·м при мощности в 1.5 км и в широком диапазоне периодов (1-10000) с. На моделях изучены геоэлектрические условия, при которых возникают гальванические и индуктивные искажения кривых МТЗ, выработана стратегия интерпретации материалов, играющая важную роль при глубинных исследованиях.

Из расчетов следует, что вариации значений S осадков от 150 до 780 См на территории Татарстана и сопредельных с ней площадях влияют на амплитуду импеданса и ориентацию большой оси полярной диаграммы МТЗ. За счет проявления эффекта искажения поля возникают ситуации, при которых во впадинах и прогибах импедансы обладают пониженными значениями, а над куполами и выступами кристаллического фундамента – повышенными. По главным значениям и главным направлениям тензора импеданса можно вычислить критерии, которые будут характеризовать степень и геометрию геоэлектрической неоднородности.

На территории Татарстана наибольшие эффекты наблюдаются в пределах Казанско-Кажимского и Сарайлинского прогибов, когда параметр неоднородности среды M достигает двух единиц. В центре карты S , по-видимому, под влиянием двух высокоомных структур Татарского свода возникает эффект локального трехмерного искажения МТ поля гальванического типа. При этом кажущееся сопротивление увеличивается в 1.3 раза относительно нормального уровня практически во всем низкочастотном диапазоне периодов.

Модельные полярные диаграммы тензора импеданса $|Z_{xy}|$ имеют форму овалов, ориентация которых закономерно изменяется по площади в зависимости от величины градиента изолиний поля S . При переходе от высоких частот, отражающих электропроводность приповерхностных слоев, к низким, освещающим глубокие горизонты литосферы, различия амплитудных диаграмм во многих точках площади заметно сглаживаются. Рисунок их приближается к круговой форме, что типично для однородной горизонтально-слоистой модели. На площади Северного купола Татарского свода круговые полярные диаграммы, как правило, имеют изометричную форму и слабо изменяют свое направление в пространстве в зависимости от глубины. Искажения МТ поля, обусловленные S осадочного чехла, для данного района минимальны. К аномальной зоне по Z_{max} следует отнести локально-изометричный Южный купол Татарского свода.

В то же время, присутствие в разрезе вставок в виде разломов, рифов и крупных карстовых структур, что характерно для территории Татарстана, может привести к значительному влиянию этих геологических неоднородностей на распределение МТ поля. Поэтому, следует рекомендовать в дальнейших исследованиях проводить пленочным моделированием S не только крупных структурно-формационных зон, но и отдельных участков впадин и мульд, изучая локальную структуру электромагнитного поля. В качестве применения данного подхода рассмотрены эффекты локального искажения МТ-поля на примере Кувайского грабена и Алгашинского поднятия, которые расположены на восточном склоне Токмовского свода. Для математического моделирования использована схема интегральной электропроводности осадочного чехла, в основу которой положены материалы 554 физических наблюдений зондирования становлением поля. Модель, примененная при расчетах по программе И.В.Егорова, представляет обобщенный трехслойный разрез. Осадочный чехол, описываемый пленкой с переменной интегральной проводимостью S , отделен от проводящего основания, имитирующего нижнюю часть земной коры, плохо проводящим слоем с удельным сопротивлением 500 Ом·м. Неоднородности этого слоя описываются переменным интегральным сопротивлением R (Ом·м²). Сопротивление обрамления модели принято 400 Ом·м.

Для схемы S характерны высокие горизонтальные градиенты значений суммарной продольной проводимости и значительная изрезанность периферийных участков. В изолиниях с максимальными значениями S нашли отражение увеличенные мощности терригенных образований и, в меньшей степени, зоны разуплотнения отдельных толщ, насыщенные высоко минерализованными растворами.

Анализ особенностей МТ поля позволяет сделать следующие выводы. Вариации значений S осадков от 150 до 500 См влияют на амплитуду импеданса и направление большой оси полярной диаграммы. В пределах осевой части грабена импедансы обладают пониженными значениями до

0.65, что свидетельствует о наличии локального эффекта S. Ослабление электрического поля, по-видимому, обусловлено концентрацией теллурических токов в пределах прогиба. Величина большой оси импеданса незначительно завышена на периферии структуры в 1.25 раза относительно нормального регионального уровня. К аномальным зонам по Z_{\max} следует отнести узкую зону шириной до 7 км, которая контролирует расположение изучаемых структур. Пересчет в эффективные значения снижает разброс, позволяя довольно верно охарактеризовать среду, но полностью не устраняет искажающее влияние структур.

Модельными расчетами устанавливается зависимость полного поля на пленке S от просачивания при изменении значений R. Эффект просачивания сказывается на амплитуде импедансных характеристик.

Величины угла поворота большой оси импедансной диаграммы показывают на зональность МТ поля, которая, как правило, контролируется большим градиентом S. В этом случае происходит вращение полярных диаграмм при сохранении формы эллипса, указывающее на двумерный характер изменения среды (направление оси изменяется почти ортогонально). В результате поперечные кривые МТЗ под влиянием эффекта S становятся несколько завышенными в области низких частот и не отражают реальный глубинный геоэлектрический разрез. Продольные кривые МТЗ более близки к локально-нормальному уровню. Возможно, что искажения, возникшие вследствие резкого перепада электропроводности, в реальных условиях могут быть ослаблены за счет нормализующего влияния многочисленных флюидонасыщенных разломов, секущих земную кору и уменьшающих эффективное интегральное сопротивление коры. В результате можно заключить, что субмеридиональные кривые МТЗ (в интервале угла отклонения 30^0 - 60^0) должны правильно характеризовать особенности глубинного разреза.

В качестве примера приводятся геоэлектрические модели, построенные с учетом модельных расчетов и комплексных инвариантных параметров неоднородности (*skew*, M), преобразований Эггерса и Бара, которые позволили установить степень близости реального тензора-импеданса к импедансу, характеризующему размерность и контрастность неоднородности среды. В результате установлено, что для более коротких периодов вариаций характер электромагнитного поля проявляется: в незначительном расхождении ортогональных амплитудных кривых МТЗ, что близко к квазислоистому типу среды; в устойчивой корреляции значений амплитуды и фазы импеданса; величина параметра *skew* для большинства пунктов не превышает 0.03; параметр M, отражая степень расхождения между максимальными и минимальными кривыми, не выходит за пределы 1.3; и только в некоторых пунктах зондирования возникают частотно-зависимые эффекты от локальных трехмерных неоднородностей. Наблюдаемые закономерности дают основание считать, что для осадочного чехла является

возможным использование одномерного приближения при решении обратной задачи.

В работе проведено районирование территории Татарстана по условиям применения зондирований, которое определялось рядом факторов: физико-геологическим строением, решаемыми геоэлектрическими задачами, методикой полевых работ, интерпретационным признаком, который зависел от степени действия эффектов искажения на амплитудно-фазовые кривые поля.

К благоприятным условиям зондирования при решении глубинных задач относится практически весь Татарстан. Исключение составляют отдельные структурные зоны, к примеру, юго-восточная часть ЮТС, где происходит существенное влияние суммарной продольной проводимости чехла Серноводско-Абдулинского авлакогена, проявляющееся в уменьшении информативности о корово-мантийных изменениях электропроводности. Так называемые смешанные районы, в которых решаются задачи глубинного и разведочного (нефтепоискового) характера, занимают большую часть Татарстана и позволяют успешно вести зондирования в широком частотном диапазоне, получая полные сведения о литосфере. Однако, и эта информация зачастую не равноценна в связи с различием электрической расслоенности земной коры.

Наиболее распространенным типом зондирований в Татарстане является точечный – одиночный (single MTS). Прежде всего, это связано с простотой полевых наблюдений и высокой производительностью. Однако, в ряде неблагоприятных для зондирования районов (в частности ЮТС), где наблюдается высокая техногенная нагрузка, изучение электропроводности литосферы невозможно без синхронных (remote reference MTS) записей МТ поля. Они, как показали полевые работы, позволяют значительно ослабить гальванические эффекты искажений, учесть влияние неоднородности первичного источника и существенно повысить точность определения компонент тензора импеданса и других передаточных функций.

В разделе 3 *«Результаты магнитотеллурических зондирований при изучении глубинного строения Татарстана»* приводится геоэлектрическая характеристика литосферы Южно- и Северо-Татарского сводов по линиям региональных профилей, модель строения коры в пределах сопряжения Мелекесской впадины, Казанско-Кажимского авлакогена и Токмовского свода.

В пределах рассматриваемой территории отработано несколько региональных расщепов общей протяженностью 900 км, по которым проведена комплексная интерпретация материалов сейсмо-, грави-, магнито- и электроразведки (МТЗ и ЗС). Опираясь на современные геотектонические концепции, создана физико-геологическая модель, отражающая делимость земной коры на разных уровнях. В основе геологической интерпретации лежит концепция о тектонической расслоенности литосферы (Леонов, 1997), представления о том, что слабо расчлененная литосферная мантия

платформы не утрачивает связи с геологическими структурами земной коры (Каримов, 2001), а также принцип актуализма – ряд глубинных структур выделен с учетом сопоставления их геолого-геофизических параметров с таковыми современных систем.

Анализ амплитудных и фазовых кривых зондирования опирался на трансформанты импеданса, характеризующие степень размерности исследуемых объектов, диаграммы КС опорных скважин, моделирование геоэлектрических разрезов в рамках горизонтально-слоистого и градиентного изменения электрического сопротивления с глубиной. В первом приближении амплитудные кривые характеризуют семи-десятислойный разрез, включающий относительно низкоомную верхнюю часть разреза, далее высокоомный экран на глубине порядка сотни метров, ниже хорошо проводящие образования осадочного чехла и, возможно, верхней части фундамента. Восходящие ветви кривых МТЗ отражают высокоомные образования земной коры, а перегиб на них – проводящий слой в земной коре. И, наконец, правый максимум, и начало нисходящей ветви указывают на действие проводящих образований верхней мантии.

В результате анализа установлено, что в высокочастотном диапазоне регистрации геоэлектрический разрез не отличается от одномерного, инвариантные параметры неоднородности свидетельствуют об отсутствии существенного действия трехмерных неоднородностей среды, отчетливо выделяются преимущественные направления теллурических токов, указывающие на необходимость выбора азимутальной кривой. Например, на низких частотах отвечающих кристаллическому фундаменту, диаграммы основных компонент импеданса приобретают форму вытянутых овалов, направление которых имеет азимуты $60-80^{\circ}$ на ТС и Прикамском прогибе, $55-75^{\circ}$ на Серноводско-Абдулинском авлакогене, на Казанско-Кажимском авлакогене прослеживается влияние локальных структур, имеющих два преимущественных направления простирания 50° и 140° . Геоэлектрические разрезы построены в результате интерпретации амплитудно-фазовых кривых поля с использованием графов «Осадочный чехол» и «Земная кора», включающих систему пространственного анализа и преобразования (нормализации и фильтрации).

Обобщенная геоэлектрическая модель литосферы Татарского свода.

1. Основываясь на двумерной модели, проведена делимость земной коры по уровням: осадочный чехол (0-1.8 км); метаморфические образования фундамента мощностью 20 км, которые подразделяются на верхние, в интервале глубин 1.8-5 км, промежуточные (4-15 км) и нижние (12-25 км). Первые два горизонта имеют блоковое строение коры с аномально высоким электросопротивлением. Третий горизонт представляет собой клинообразный объект, отождествляемый нами с аллохтонными литопластинами содержащими в промежутке серпентинитовую смазку, по которой происходили латеральные смещения крупных блоков коры. Зона скольжения характеризуется пологим (до 15°) падением. Далее, в низах коры,

на глубинах (23-42) км выделяется региональный слой, имеющий повышенную проводимость, плотностные неоднородности и многочисленные отражающие границы.

2. Структура осадочного чехла во многом хорошо изучена и ее проявление в физических полях неоднократно рассматривалось в литературе. Наибольшее внимание заслуживает поверхность кристаллического фундамента, которая представляет собой чередование протяженных приподнятых и узких опущенных участков. Установлена отчетливо выраженная связь рельефа поверхности фундамента и его разломно-блоковой структуры (Муслимов, 1996; Камалетдинов и др., 1987; Постников, 2002; Войтович и др., 2003; Плотникова, 2004; Хисамов и др., 2006; и др.). В волновом поле рельеф кровли фундамента прослеживается фрагментарно, а на геоэлектрических моделях отражается в виде регионально-выдержанного опорного высокоомного горизонта. По данным МТЗ в высокоомном основании на глубинах до 10 км прослеживается относительно проводящий горизонт с продольным сопротивлением 30-60 Ом·м сложной конфигурации, который часто бывает очень отчетливым, но проявляется не везде.

3. Проводящая нижняя кора расположена между двумя высокоомными слоями, что позволяет в такой модели наиболее надежно оценивать интегральную электропроводность внутрикорового слоя. Ранее установлено, что самые малые значения относятся к докембрийским щитам (Jones, 1992) – 40 См, в Карелии еще меньше (Ковтун, 1980), Центрально-Казахстанский щит – не более 80 См (Каримов, 1998). В регионах, относящихся к областям молодой тектонической активизации, эти значения достигают - в Памиро-Тянь-Шане 1500 См (Белявский, Каримов, 1998), в Байкальской рифтовой зоне 1000 См, на западе США – не менее 800 См (Ваньян, 1997). Для Татарского свода, а в большей степени Южно-Татарской региональной геосистемы, характерны промежуточные значения интегральной проводимости до 280 См и гетерогенность строения литосферы в целом, выражающаяся в сильной вертикальной и латеральной делимости среды. Поэтому, на наш взгляд, мы имеем переходную область проявления тектонической активности и расслоенности среды в процессе ее эволюции, показателями которой являются волноводы, высокоскоростные включения, слои с аномальной электрической проводимостью и зоны разуплотнения. Зоны повышенных температур зафиксированы на большей части ЮТС, при среднем значении теплового потока по данным Н.Н.Христофоровой порядка 60 мВт/м².

4. Рифтовая структура, совпадающая с зоной Прикамского разлома, разделила свод на два стабильных мегавыступа фундамента. Глубинное строение ЮТС и СТС имеет существенные различия, выражающиеся в масштабе формирования внутрикоровых слоев (проводников и волноводов) и опосредованно в его внутренней структурно-вещественной неоднородности. К примеру, на СТС волновод расположен на глубинах 15-22 км и согласуется

с данными ГСЗ, полученными для Восточно-Европейской платформы, а на ЮТС – свыше 25 км (Каплан и др., 2006). По МТЗ кровля корового проводника для СТС располагается на отметках – 18-20 км, для ЮТС – 25-30 км. Относительно проводящий коровый слой занимает практически всю нижнюю часть земной коры ЮТС и лишь незначительно распространен в СТС, а в Серноводско-Абдулинском, Казанско-Кажимском авлакогенах и Токмовском своде отсутствует. Во всех случаях ТС отражается сокращением мощности относительного высокоомного слоя верхней части коры. Используя связь электропроводности с коэффициентом пористости (соотношение Шенкленда-Ваффа) для модели корового проводника проведен расчет параметра, который составил: на ЮТС – 0.5% , на СТС – 0.3%, на Косолаповской ступени (Кировско-Кажимский прогиб) – 0.25%.

Таким образом, блоковость земной коры или вертикальная раздробленность в строении, в большей мере присуща верхним слоям консолидированной коры. Региональная горизонтальная расслоенность коры связана с изменением литофизического состояния геосреды с глубиной и проявлением глубинного метаморфизма. Вещество нижнего этажа ЗК находится, по-видимому, в состоянии пониженной вязкости, в результате влияния аномальных температур. Природа образования повышенной электропроводности, возможно, связана с водными растворами, выделяющимися при геотермической активизации земной коры из минералов, содержащих воду или гидроксил в кристаллической решетке (Lubimova and Feldman, 1970). При этом флюид, обеспечивающий повышенную электропроводность, может иметь внутрикоровое или мантийное происхождение. Поэтому повышенная пластичность пород позволяет породам перемещаться в горизонтальном направлении и аллохтонные литопластины, сформированные под влиянием горизонтальных напряжений, создают важнейшую форму дискретности коры. Образование их возможно в результате разламывания, дробления и смятия в складки слоев и сопровождается латеральным смещением по зонам разломов, имеющим, как правило, листрическую форму.

Поверхность Мохоровичича, отражающая в региональном плане мощность земной коры, мало различается по глубине (42 ± 3 км). Динамика волновой картины в совокупности с геоэлектрическими слоями позволяет установить ряд особенностей: устойчивые или менее выраженные границы М коррелируются с коровыми и подкоровыми проводниками; рельеф поверхности, отражающий общий тектонический план структур Татарстана, образует ряд поднятий и прогибов; существуют современная граница М и палеограница M_1 , которые разнообразно проявляются в полях и характеризуют, по-видимому, области относительно молодой переработки вещества коры и верхней мантии под воздействием тепла и флюидопотоков, поступающих с больших глубин.

5. Тектонические элементы земной коры Татарского свода. При проведении глубинного геодинамического анализа основывались на

представлении о существовании трех уровней по вертикали, для которых характерны свои специфические особенности переработки земной коры: эпи-, мезо- и катазона (Паталаха, 1986). Эти особенности определяются как Р-Т условиями на различных глубинах, так и специфическим составом пород и их взаимодействием с более глубокими горизонтами. Выделяемые тектонические стили крайне специфичны по уровню метаморфизма, типу разломов, размерам структурных элементов, физическим параметрам. Для катазоны свойствен пологий характер тектонических потоков, тогда как для мезозоны и эпизоны – крутонаклоненный.

Прямые сопряжения потоков, характерные для высокотемпературной (свыше 550°C) катазоны и среднетемпературной (около $100\text{-}500^{\circ}\text{C}$) мезозоны, можно наблюдать в разрезах Татарского свода, особенно на юго-восточном склоне СТС, где происходит локальный захват нижнего слоя мезозоны. Возможно, такое явление происходило при формировании Прикамского глубинного разлома. Там, где древние геоблоки катазоны попадают в область активного влияния тектономагматической переработки коры (т.е. механической и тепловой), где происходит уничтожение пологих тектонических структур, мы видим с одной стороны резко дисгармоничное поведение катазоны и мезозоны, с другой стороны наблюдаются сопряженно (синхронно) развивающиеся процессы складко- и разломообразования.

Способность ЗК передавать интенсивность движения слоев мантии прямо зависит от вязкости катазоны, которая определяется ее реологическим состоянием (Паталаха, 1986). Если бы ЗК представляла собой однородное достаточно жесткое тело, движения мантии передавались бы от подошвы к кровле коры в неискаженном виде. Область развития катазоны, обладающая аномально пониженной вязкостью (в нашем случае коровый проводник), приводит к значительному искажению, ослаблению контрастности и погашению интенсивности мантийных движений в верхней части коры, за счет латерального растекания вещества. Поэтому, в целом, латеральная расслоенность геосреды региона обладает существенным отличием и хорошо выражена в морфологии границ, установленных по сейсмическому и электромагнитному полям (к примеру, Татарский свод имеет специфические черты по отношению к Котельническому своду).

Особенности строения новейшего структурного плана Татарского свода определяются его положением в зоне сопряжения разноориентированных рифтовых структур Волго-Уральской мегазоны. Подготовительной стадии развития рифтового режима предшествует образование обширных выпуклых структур (сводов), имеющих неправильно овальную форму. В дальнейшем, образуются расколы растяжения, вдоль которых и формируются сложные грабены (авлакогены) в течение длительного геологического времени. Согласно полученным новым геофизическим материалам есть основание считать, что Татарскому своду свойственна модель каркасного типа, составными элементами которой являются: 1) глубинные разломы (тектоноферы) на местах развития современных авлакогенов; 2) сопряженные

с разломами субгоризонтально залегающие дислокационные зоны коры; 3) более мелкие субвертикально падающие коровые разломы, в основании приобретающие листрическую форму. Все эти структурные элементы, прослеженные от поверхности верхней мантии и нижних горизонтов земной коры до платформенного чехла включительно и создают в пространстве каркас с характерным очертанием блоков земной коры. Они развивались как взаимосвязанная единая система тектонических элементов. Система глубинных разломов играла роль подводящих каналов для поступления к поверхности флюидогазовых эманаций.

В разделе 4 **«Оценка нефтеперспективности структур осадочного чехла по электромагнитным зондированиям»** приводятся методика комплексирования электромагнитных методов, этапы построения модели среды для слабо дифференцированного поля вызванной поляризации и опробование методики в различных геологических условиях Мелекесской впадины и Бавлинско-Туймазинской зоны. Защищаемая методика может применяться при региональных и детальных этапах прогнозирования нефтеносности перспективных участков.

В работе использована модель, в которой залежь УВ рассматривается как аномальный объект по электропроводности и поляризуемости, представляющий собой многослойную среду с изменениями удельной проводимости тонких пластов-коллекторов. Поляризующий ток заряжает внутри целевого горизонта залежь, создавая определенную величину электромагнитного поля, которая может быть успешно зарегистрирована на дневной поверхности. Поэтому, в реальных геоэлектрических средах на фоне уменьшения кажущегося электрического сопротивления над центральными частями контура образуются локальные зоны повышенной поляризуемости и удельного сопротивления на глубине в области расположения продуктивного горизонта и резкое возрастание градиента продольной проводимости разреза в области поднятия.

Разработана и опробована технология оценки нефтеперспективности выявленных по данным сейсморазведки структур, которая основана на электромагнитных исследованиях в модификациях магнитотеллурического зондирования и дипольно-осевого зондирования вызванной поляризации (ДЗ-ВП) в частотном режиме. В процессе исследований, направленных на повышение разрешающей способности зондирований, изучены типы и размеры дипольных установок в модификации ВП; условия возникновения эффектов искажения амплитудно-фазовых кривых; анализ частотных характеристик неискаженных индукцией отрезков, которые заключены в диапазоне от 0.076 до 1.22 Гц и приняты при полевых наблюдениях как оптимальные частоты проявления вызванной поляризации.

В построении графических образов применена математическая модель обработки данных ВП по сечению, которая дает возможность прогнозировать ее значение внутри выбранного пространства измерений. Карты изолиний локальных аномалий вызванной поляризации использованы для

идентификации особенностей залежей УВ. Для прецизионной идентификации применен подход адаптивного регрессионного моделирования (АРМ), развиваемый С.Г.Валиевым, и соответствующие алгоритмы и программное обеспечение. Связь между вызванной поляризацией и данными по расстоянию x и глубине h для сечения можно описать моделью вида:

$$MY = \eta(X, \beta) \quad (1),$$

где Y – зависимая переменная (ВП); M – оператор математического ожидания; $X = (x_0, x_1, \dots, x_{p-1})$ – матрица независимых переменных (измеренных координат, их произведений или других комбинаций), которые могут изменяться в некоторой области пространства R^p ; $\beta = (\beta_0 \beta_1 \dots \beta_{p-1})^T$ – вектор неизвестных параметров, определяемых по результатам экспериментов.

Для реального описания предлагается использовать модель вида

$$\varphi(x, h) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos mx + S_{nm} \sin mx) P_{nm}(\cosh) \quad (2),$$

где x и h будут восприниматься как данные в радианной мере.

Модель обработки данных (1)-(2) в АРМ-подходе представляет вид

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

В системном АРМ-подходе дополнительными этапами относительно стандартной методологии метода наименьших квадратов являются: 1) оценка адекватности модели наблюдениям и поиск ее оптимальной структуры; 2) проверка соблюдения предположений МНК; 3) последовательная адаптация схемы обработки к нарушению условий МНК применением набора вычислительных процедур (перебором постулируемых моделей, методами параметрического оценивания и структурной идентификации и др.); 4) использование набора мер (критериев качества моделей, включая и многокритериальную концепцию). На сегодняшний день имеется ряд версий программного комплекса, в котором реализован АРМ-подход в применении к разложению вида (2) (С.Г.Валеев, К.М.Самохвалов).

В качестве примеров комплексирования методов с целью извлечения информации приведены следующие результаты.

Изучение терригенных отложений карбона в Мелекесской впадине (внешняя бортовая зона Усть-Черемшанского прогиба). Исследования проведены в пределах Зимницко-Калмаюрской нефтегазоносной зоны, основные запасы нефти которой связаны с отложениями терригенного горизонта каменноугольного возраста.

Тектонический анализ и материалы электрометрии района позволяют выявить ряд особенностей. Структурный план осадочного чехла с S 200 См, как правило, носит черты унаследованности элементов тектоники фундамента, располагающегося на отметках свыше -1830 м. Развитие глубинных разломов контролируют протяженные по латерали зоны разуплотнения пород фундамента. Структура локальных поднятий в терригенных отложениях карбона отмечается пониженной проводимостью.

Изменение по профилю интервального сопротивления зависит от фильтрационно-емкостных свойств пород, в частности, в зоне залежи наблюдается локальный рост ρ по МТЗ и отрицательная аномалия $\Delta\varphi_{ВП}$ по ВП. В этом случае величина градиента удельного сопротивления значительно возрастает по глубине и латерали, подчеркивая локальную лито-физическую зональность пород.

Подтверждением наших исследований является *Поповкинская* сейсмическая структура, в краевой части которой скважиной вскрыто скопление углеводородов на отметке -1237 м (бобриковский горизонт). При сравнительном анализе размещения углеводородных скоплений в разрезе с геоэлектрической характеристикой среды обращает на себя внимание пространственная приуроченность сейсмического поднятия по тульскому горизонту (C_{1t}) к отрицательной аномалии поля вызванной поляризации с амплитудой до -0.5^0 и области повышенных значений удельного сопротивления. Из рисунка полей вытекает сложное строение поднятия, в пределах которого, как ранее установлено, происходит невыдержанность нефтенасыщенных толщ по разрезу и площади, и литологическое замещение коллекторов слабо проницаемыми и плотными разностями пород. Купольная часть сейсмической структуры отмечается локальным повышением сопротивления. В результате залежь, по-видимому, локализуется на бортах структуры, образуя кольцевую зону, с погружением кровли продуктивной толщи с северо-запада на юго-восток. Природа такого явления связана с особенностями физико-геологического развития прогиба, повлиявшего на формирование УВ.

Южно-Озеркинское поднятие. Профиль МТЗ пересекает сейсмическую структуру, представляющую собой в плане небольшую брахиантклиналь неправильной формы. По результатам комплекса электромагнитных исследований в пределах западного купола область поляризации имеет фоновые значения, свидетельствуя об отсутствии углеводородов. Восточный купол характеризуется обратной зависимостью поляризуемости от сопротивления, отождествляемой с литологическим изменением пород и насыщением их водой. Этот факт подтвержден последующими результатами бурения скважины 6 Зимницко-Калмаюрской площади, которая вскрыла водонасыщенные породы турнейского яруса.

Крестовое поднятие выявлено сейсмическими работами по всем отражающим горизонтам и имеет рифогенную природу строения. Объект изучен пятью профилями МТЗ, ВП и имеет ярко выраженную форму, характеризуясь повышенными значениями сопротивления и располагаясь непосредственно над зоной разлома. На графиках для глубин -1100 м в контуре поднятия наблюдается интенсивная аномалия повышенной поляризации. Характер поведения амплитудно-фазовых кривых ВП повторяет поведение модельных кривых для нефтенасыщенных пород. Использование характеристики поля по интенсивности, существенно упрощает задачу глубинной привязки залежи, ввиду изменчивости аномалии

по глубине. По полученным геофизическим результатам в свode поднятия пробурена глубокая скважина 5 Зимницко-Калмаюрской площади. При испытании бобриковских отложений получен приток нефти дебитом $1.8 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Изучение терригенных отложений юго-восточного склона ЮТС. Для примера рассмотрено Скоропадское и Долинное сейсмические поднятия Бавлинско-Туймазинской нефтегазоносной зоны, залежи в которой располагаются в терригенных толщах девонских и каменноугольных отложений. На площади пробурено три глубоких скважины над Скоропадской (скв.2236, 2237) и Долинной (скв.2212) структурами. Электромагнитные зондирования проведены по двум профилям.

Скоропадское поднятие. По данным зондирования структура проявляется отчетливо с разбиением на два купола повышенными значениями сопротивления, а за ее контуром сопротивление понижается. На графике $\varphi_{\text{ВП}}$ выделяется три зоны аномальных значений поляризуемости. Во второй зоне, протяженностью 750 м, наблюдаются все признаки характерные для насыщения пород УВ (скв.2236 является нефтеносной). Третья зона по размерам меньше, протяженностью около 400 м. Она отнесена к перспективной для поиска УВ, что в последствии подтвердилось результатами дополнительного опробования скв.2237. Таким образом, по данным комплекса электромагнитных исследований обе скважины находятся в зонах проявления признаков насыщения пород УВ, но эти перспективные зоны имеют малые размеры. Первая зона характеризуется иным соотношением амплитудно-фазовых параметров, что обычно трактуется как водонасыщенность пород или изменение литологии пласта.

Долинное поднятие изучено двумя профилями ДЗ-ВП и одним профилем МТЗ. По графикам наблюдаются аномалии вызванной поляризации и сопротивления. Протяженность перспективного объекта 500 м, который подтвержден результатом опробования скв.2212.

Из характеристик поведения поля устанавливается ряд особенностей: на общем фоне интенсивной проводимости отложений карбона региональная поляризация ВП не наблюдается; чем больше проводимость и размеры объекта, тем интенсивнее аномалия фазового параметра; экстремум отрицательного знака аномалии $\Delta\varphi_{\text{ВП}}$ расположен над центром тела; чем глубже располагается залежь, тем на более низкой частоте она наблюдается; степень детальности проявления объекта зависит от шага наблюдений по профилю. Поэтому оценку протяженности тел в плане следует осуществлять по графикам или срезам для разных глубин. Кроме этого сами объекты влияют на структуру верхнего этажа выражаясь повышением пластовых скоростей, увеличением градиента сопротивления МТЗ (границы раздела сред в электромагнитном поле становятся более яркими), а на уровне глубин продуктивного горизонта образуются локальные зоны аномально высокого сопротивления. Пространственное соотношение аномалий вызванной поляризации со структурами и залежами углеводородов позволило

установить, что в ряде случаев: контуры их хорошо совпадают; близки по форме, но имеют смещения; мозаичный тип свидетельствует о повышенной проницаемости среды; линейные аномалии приурочены к разрывным нарушениям.

В заключении приведены основные результаты работы.

1. Составлена схема интегральной электропроводности осадочного чехла территории Татарстана и на ее основе проведено квазитрехмерное численное моделирование с целью анализа условий возникновения региональных гальванических искажений МТ поля неоднородностями чехла и обоснования методики интерпретации.

2. В течение последних шести лет на территории Татарстана и сопредельных площадях выполнено более 1500 зондирований с использованием современных технологий при решении глубинных и нефтепоисковых задач. Собранный богатый материал систематизирован и представлен в виде моделей земной коры с распределением в пространстве электрических характеристик достаточно крупных геоблоков, соответствующих современному состоянию вещества коры. Многочисленные высокоинформативные геоэлектрические разрезы в условиях латерально-неоднородных сред со сложным рельефом границ позволили установить связи их со структурно-скоростными разрезами.

3. Обзор зондирований Татарского свода позволил разработать геоэлектрическую модель, основанную на аномальности параметра удельного электросопротивления и соотношении формы и мощности геоблоков коры. Характерными чертами строения являются: гетерогенность внутренней структуры земной коры, зональность плотностных и электрических неоднородностей, в частности, латеральная неоднородность геоэлектрического строения Татарского свода по отношению к смежным зонам. Впервые выделен внутрикоровый проводящий горизонт (S до 280 См), распространение которого, ограничивается в пространстве местоположением известных нефтепроявлений в осадочном чехле.

4. Согласно полученным геофизическим материалам есть основание считать, что новейшему структурному плану Татарского свода свойственна модель каркасного типа, составными элементами которой являются: 1) глубинные разломы (тектониферы) на местах развития современных авлакогенов; 2) сопряженные с разломами субгоризонтально залегающие дислокационные зоны коры; 3) более мелкие субвертикально падающие коровые разломы, в основании приобретающие листрическую форму. Все эти структурные элементы, прослеженные от поверхности верхней мантии и нижних горизонтов земной коры до платформенного чехла включительно, и создают в пространстве каркас с характерным очертанием блоков коры. Они развивались как взаимосвязанная единая система тектонических элементов. Система глубинных разломов играла роль подводящих каналов для поступления к поверхности флюидогазовых эманаций.

5. Принятая физическая модель проявления залежей углеводородов в электромагнитном поле (аномалий электропроводности и вызванной поляризуемости и их пространственное соотношение), получившая в дальнейшем подтверждение на практике, является фундаментальной основой для оптимизации процесса нефтепоисковых работ. Предусмотрено применение комплексной методики полевых работ (МТЗ, ДЗ-ВП) и технологии обработки данных, основанной на АРМ-подходе при построении математической модели поля вызванной поляризации среды. В этом случае уровень повышенной поляризуемости среды ограничен областью локализации залежи. Многочисленные результаты показали устойчивость и повторяемость формы аномального поля со слабой изменчивостью уровня фазово-частотных характеристик над нефтеперспективными сейсмическими поднятиями.

Благоприятные геоэлектрические условия региона для оценки возможности прогнозирования залежей с помощью наземных электрических методов, в сочетании с информативностью и низкой стоимостью зондирований, позволяют рекомендовать методику к широкому применению.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Еронина(Козлова) Е.В. Геоэлектрическая модель земной коры Татарстана по данным электромагнитных зондирований //Каримов К.М., Шабалин Н.Я., Балахнина Л.Д., Еремина Ю.Н./ Геофизика.- Москва. 2003.- Спец. выпуск. - С.22-23.
2. Еронина Е.В. Оценка нефтеперспективности структур в Мелекесской впадине по электромагнитным зондированиям //Каримов К.М., Валеев С.Г., Буткус Е.М./ Георесурсы. – Казань.- 2005.- №2(7).- С. 41-47.
3. Еронина Е.В. Электропроводность земной коры по геотраверсу Татсейс-2003. // Каримов К.М., Мухамадиев Р.С./ Материалы международной конференции «Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ» – Казань: Изд-во КГУ.-2006.-С.118-120
4. Еронина Е.В. Изучение сложнопостроенных ловушек углеводородов геофизическими методами в терригенных отложениях палеозоя //Каримов К.М., Тимошенков Э.Ф., Екименко В.Ал., Базаревская В.Г./ Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения.- Казань: Изд-во КГУ.-2005.-С.128-130
5. Еронина(Козлова) Е.В. Опытнo-методические работы методом МТЗ с целью изучения осадочного чехла и кристаллического фундамента при исследовании нефтеперспективных участков // Еремина Ю.Н./ Тез.докл. «Мы-геологи XXI века».- Казань.- 2003.
6. Еронина(Козлова) Е.В. Магнитотеллурические зондирования в Татарстане // Каримов К.М., Шабалин Н.Я., Еремина Ю.Н./ Тез.докл. 5 геофизические чтения имени В.В. Федынского.- Москва.- 2003.-С.113

- 7 Еронина(Козлова) Е.В. Особенности глубинного геологического строения Татарского палеосвода // Каримов К.М., Екименко Е.В., Уткузов Н.Р./ Тез.докл. 6 геофизические чтения им. В.В. Федынского.- Москва.- 2004.-С.22
8. Еронина(Козлова) Е.В. Оценка перспектив нефтеносности юго-восточного склона Токмовского свода по результатам глубинных геофизических исследований //Каримов К.М., Шайхутдинов Р.С., Балахнина Л.Д./ Тез.докл. 5 конгресс нефтегазопромышленников России. –Казань.- 2004.
9. Еронина Е.В. Оценка нефтеперспективности структур по электромагнитным зондированиям // Каримов К.М., Валеев С.Г./ Тез.докл. 32-сессия Международного научного семинара имени Д.Г. Успенского.- Пермь.- 2005.- С.105-106.
10. Еронина Е.В. Модели глубинного строения Татарского свода по геофизическим данным // Каримов К.М., Екименко В.А., Фельдман И.С./ Тез.докл. 3 научные чтения имени Ю.П.Булашевича.- Екатеринбург.- 2005.
11. Еронина Е.В. Комплекс электромагнитных зондирований при поисках залежей углеводородов в Татарстане //Тез.докл.5 международной научно-практической геолого-геофизической конференции – конкурс молодых ученых и специалистов «Геофизика – 2005».- С-Пб.- 2005.- С. 95-96.
12. Eronina K.V. Structure of Tatar paleocrest according to geophysical information // Karimov K.M., Mukhamadiev R.S., Feldman I.S./ Abstract book 6th International Conference on Problems of Geocosmos.- St.Petersburg.-Russia. – 2006.- С. 33-34.